

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ НОВООБРАЗОВАНИЙ ПЕРИАМПУЛЯРНОЙ ЗОНЫ ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ

Кабанов М.Ю.<sup>1,2</sup>, Беликова М.Я.<sup>1</sup>, Семенцов К.В.<sup>1,2</sup>, Алексеев В.В.<sup>1,2</sup>, Бояринов Д.Ю.<sup>1,2</sup>, Беседин И.И.\*<sup>2</sup>

DOI: 10.25881/BPNMSC.2020.74.11.020

<sup>1</sup> ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн», Санкт-Петербург

<sup>2</sup> ФГБОУ «Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова», Санкт-Петербург

**Резюме.** Среди злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта периапулярные опухоли лидируют по смертности у онкологических больных. Наиболее остро стоит вопрос дифференциальной диагностики хронического воспалительного и неопластического процессов, раннее выявление опухоли, тщательное предоперационное стадирование по классификации TNM с определением резектабельности. Это связано со сложностью визуализации данной области, обусловленной большим сосредоточением анатомических элементов на малой площади, схожестью лучевой семиотики и сложностями дифференциальной диагностики псевдоопухолевых воспалительных заболеваний, доброкачественных и злокачественных новообразований, трудностями в оценке местного распространения процесса, в частности выявления экстрапанкреатической периневральной опухолевой инвазии, поражения висцеральных сосудов, сложностями разграничения истинной инвазии и часто сопутствующей раку поджелудочной железы (ПЖ) десмопластической реакции. Для диагностики образований периапулярной зоны применяются различные методы, от наиболее распространенных и успевших зарекомендовать себя временем (КТ, МРТ, УЗИ, лабораторные методы), до более специализированных, направленных на более точную диагностику (эндоульตราсонаграфия (ЭУС), ЭРХПГ, сцинтиграфия, ПЭТ.) И тем не менее, вопросы дифференциальной диагностики рака ПЖ и псевдотуморозного панкреатита, выявления изоденсных и изоваскулярных опухолей, на долю которых приходится порядка пятой части всех новообразований, остаются крайне сложными.

**Ключевые слова:** механическая желтуха, опухоли периапулярной зоны (ПАЗ), диагностика новообразований ПАЗ, стадирование карциномы поджелудочной железы.

### Введение

К периапулярной зоне (ПАЗ) относятся головка поджелудочной железы (ПЖ), дистальный отдел общего желчного протока (ОЖП), большой дуоденальный сосочек (БДС), прилежащие отделы ДПК, органы, объединенные ампулой фатерова соска, анатомическими и функциональными связями, воспалительные и опухолевые процессы в которых манифестируют развитием единого симптома механической желтухи [1; 2].

Ведущей причиной механической желтухи являются периапулярные опухоли, составляющие среди злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта 7–10%, занимающие лидирующие позиции (IV–V место) среди причин смертности у онкологических больных [3; 4].

Единственным радикальным методом лечения новообразований ПАЗ любой морфологической структуры остается гастропанкреатодуоденальная резекция (ГПДР).

### MODERN APPROACHES TO X-RAY DIAGNOSTICS OF NEOPLASMS OF THE PERIAMPULAR ZONE OF DUODENUM

Kabanov M.Yu.<sup>1,2</sup>, Belikova M.Ya.<sup>1</sup>, Semencov K.V.<sup>1,2</sup>, Alekseev V.V.<sup>1,2</sup>, Boyarinov D.Yu.<sup>1,2</sup>, Besedin I.I.\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hospital for veterans of wars, Saint-Petersburg

<sup>2</sup> North West State Medical University I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg

**Abstract.** Among malignant neoplasms of the gastrointestinal tract, periampular tumors are among the leaders in mortality among cancer patients. The most pressing issue is differential diagnosis of chronic inflammatory and neoplastic processes, early detection of the tumor, thorough pre-operative staging according to TNM classification with determination of resectability, prediction and detection of early and late postoperative complications, progression and recurrence of the tumor process, as well as evaluation of its effectiveness in combined treatment. To a greater extent, this is due to the complexity of visualization of the PAZ region due to the large concentration of anatomical elements on a small area, the similarity of radiation semiotics and the difficulties of differential diagnosis of pseudo-tumor inflammatory diseases, benign and malignant neoplasms, difficulties in assessing the local spread of the process, in particular, the detection of extrapancreatic perineural tumor invasion, invasion of visceral vessels, complexities to diagnose PZ formations, various methods are used, from the most common and successful to prove themselves time (CT, MRI transabdominal ultrasound, laboratory methods), to more specialized ones aimed at more accurate diagnostics (endoultrasonography (ETG), ERCHPG, scintigraphy, PET.) Nevertheless, the issues of differential diagnosis of pancreas cancer and pseudotumorrhotic pancreatitis, the detection of isodense and isovascular tumors, which account for about a fifth of all neoplasms, remain extremely complex.

**Keywords:** mechanical jaundice, periampular zone (PZ) tumors, diagnosis of PZ neoplasms, pancreatic carcinoma staging.

Низкая резектабельность рака ПЖ связана с поздним выявлением заболевания, что обусловлено стертой клинической картины и особенностями топографического расположения ПЖ, ранним метастазированием в лимфатические узлы (74%), быстрым периневральным распространением опухоли, в большом числе случаев (64%), имеющей место уже на первой стадии, инвазией магистральных висцеральных сосудов [5; 6]. У большинства пациентов на момент диагностики существуют субклинические метастазы в печень, не определяемые лучевыми методами [7–9].

Важнейшими задачами лучевых методов является дифференциальная диагностика хронического воспалительного и неопластического процессов, раннее выявление опухоли, тщательное предоперационное стадирование по классификации TNM с определением резектабельности, прогнозирование и выявление ранних и поздних постоперационных осложнений, прогрессирования и рецидива опухолевого процесса, при комбинированном

\* e-mail: antalkel@mail.ru

лечения оценка его эффективности [6; 10]. По данным А.Д. Каприна и соавт. в 59,5% рак ПЖ диагностируется несвоевременно [4].

Во многом это связано со сложностью визуализации области ПАЗ, в которой на малой площади сконцентрировано большое количество анатомических элементов, схожестью лучевой семиотики и сложностями дифференциальной диагностики псевдоопухолевых воспалительных заболеваний, доброкачественных и злокачественных новообразований, трудностями в оценке местного распространения процесса, в частности выявления экстрапанкреатической перинеуральной опухолевой инвазии, инвазии висцеральных сосудов, сложностями разграничения истинной инвазии и часто сопутствующей раку ПЖ десмопластической реакции [11; 12].

### Диагностика новообразований ПАЗ

Для диагностики образований ПАЗ применяются различные методы диагностики: лабораторные методы, трансабдоминальное УЗИ, эндоультрасонография (ЭУС), ЭРХПГ, КТ, МРТ, сцинтиграфия, ПЭТ.

#### «Золотой стандарт диагностики» — Компьютерная томография (КТ)

КТ является «золотым стандартом» обследования ПЖ и ПАЗ, позволяющим получить четкое изображение ПЖ, оценить ее форму, размеры, структуру и плотность, взаимоотношение с окружающими органами и сосудами [13; 14].

Стандартный протокол исследования в большинстве рекомендаций включает обязательное выполнение на первом этапе нативного сканирования органов брюшной полости от уровня реберно-диафрагмальных синусов до крыльев подвздошных костей при негативном (водой комнатной температуры) или позитивном (15–20% раствора йодсодержащего рентгенконтрастного препарата, либо специальной бариевой смеси E-Z-CAT) пероральном контрастировании верхних отделов ЖКТ в объеме 300–500 мл за 30 минут до исследования и 150 мл непосредственно перед исследованием, что позволяет лучше отграничить ПЖ от прилежащих отделов желудочно-кишечного тракта [12; 15; 16].

Следующим этапом в стандартном протоколе является внутривенное болюсное введение йодсодержащего КВ с концентрацией йода не менее 350 мг/мл из расчета 1–1,5 мл на 1 кг массы тела пациента, с последующим сканированием органов брюшной полости в артериальную (на 25 с), панкреатическую (на 45 с) и возвратную венозную фазы (на 70 с) [17; 18].

Сканирование в артериальную (на 25 с) фазу с последующим построением мультипланарных реформаций, использование алгоритмов максимальной интенсивности (MIP), объемного рендеринга (3D VRT) предоставляет информацию о сосудистой анатомии артерий целиакомезентериального бассейна, позволяет исключить гиперваскулярные очаги в легких и печени перед выпол-

**Табл. 1.** Варианты артериальной архитектуры целиакомезентериального бассейна по классификации N. Michel (1955)

Тип	Описание строения
I	ОПА от ЧС, отдает ГДА, продолжается в СПА, делится на ППА и ЛПА
II	Замещающая ЛПА от ЛЖА, ОПА делится на ГДА и ППА
III	Замещающая ППА от ВБА, ОПА делится на ГДА и ЛПА
IV	Замещающая ЛПА от ЛЖА, замещающая ППА от ВБА
V	Добавочная ЛПА от ЛЖА, ЛПА и ППА от СПА
VI	Добавочная ППА от ВБА, ЛПА и ППА от СПА
VII	Добавочная ЛПА от ЛЖА, добавочная ППА от ВБА, ЛПА и ППА от СПА
VIII	Замещающая ЛПА от ЛЖА и добавочная ППА от ВБА, или добавочная ЛПА от ЛЖА, и замещающая ППА от ВБА
IX	ОПА от ВБА, ЧС делится на ЛЖА и СА
X	ОПА от ЛЖА
	Другие варианты

нением радикальной операции, не пропустить нейроэндокринные опухоли небольших размеров, максимально накапливающие контрастный препарат в артериальную фазу, не отличающиеся по плотности от паренхимы ПЖ при нативном сканировании и в остальные фазы постконтрастного сканирования [12; 15].

Согласно классификации N. Michel выделяют 10 типов вариантов строения артерий целиакомезентериального бассейна (таблица 1).

При планировании оперативного вмешательства информация об абберантных и замещающих артериях является крайне важной для хирурга, поскольку их наличие при незнании может стать источником опасных осложнений, а абберантные сосуды согласно мнению отдельных авторов дают шанс на выполнение радикальной операции у пациентов с инвазией магистральных висцеральных артерий, поэтому должно находить отражение в протоколах лучевых исследований [19–22].

Оптимальной для оценки состояния протоковой системы, выявления кист, опухолей ПЖ, инвазии магистральных сосудов и перинеуральной инвазии, является панкреатическая фаза, когда неизменная паренхима ПЖ максимально накапливает контрастный препарат [12; 17; 23].

Портовонозная фаза сканирования является оптимальной в оценке состояния паренхимы и выявлении метастазов в печени, которые, как правило, демонстрируют гиповаскулярный паттерн контрастирования, дифференциации и оценке структуры лимфатических узлов, оценке состояния перипанкреатических вен и вен портальной системы, стенок желудка и ДПК на границе с опухолью [23–25].

Многoletний опыт специалистов из различных клиник мира подтверждает следующий перечень лучевых симптомов рака ПЖ по данным МСКТ: гиподенсное образование, вызывающее обрыв расширенного панкреатического протока, граница перехода в опухоль характеризуется существенными различиями диаметра дистальной части железы (зона ее дистрофии и атрофии) и области опухоли (превышающей обычный диа-

метр железы), опухоль деформирует железу, выходит за пределы ее анатомического контура. Согласно многим публикациям, если имеется не менее двух вышеуказанных признаков — диагноз «протоковая аденокарцинома ПЖ» будет достоверен в 95% случаев [17; 26; 27].

Однако, рак ПЖ является крайне агрессивной опухолью, и зачастую, до достижения размеров 3 см и выхода за пределы ПЖ манифестирует развитием билиарной гипертензии, поскольку процесс наиболее часто локализуется в головке (в 75% случаев) или появлением метастазов в лимфатических узлах и печени [12; 27; 28].

В таких ситуациях при нативном сканировании в большинстве случаев опухоль не отличается по плотности от окружающей паренхимы (изоденсна) и оказывается не видна, визуализируется только на фоне внутривенного болюсного контрастирования в панкреатическую фазу, как очаг сниженного накопления КВ с нечеткими контурами. В случае визуализации типичных признаков опухоли, МСКТ с внутривенным болюсным контрастированием дает информацию о ее размерах и локализации, в большом числе случаев позволяет исключить метастазы в лимфатических узлах, органах брюшной полости и малого таза, имплантационные метастазы по брюшине, что определяет стадию заболевания, позволяет оценить местное распространение процесса и, как следствие, определить резектабельность опухоли [27; 29–31].

Периневральная инвазия (ПНИ) является одним из наиболее важных прогностических факторов при опухолях гепатопанкреатобилиарной зоны, присутствует при гистологическом исследовании резецированных протоковых аденокарцином ПЖ в 80–91% случаев. Прямое проникновение опухоли в нервные волокна по данным отдельных авторов может быть достоверно установлено только при гистологическом исследовании. Долгое время для многих рентгенологов ПНИ являлась абстрактным понятием, поскольку МСКТ не позволяет дифференцировать отдельные элементы нейроваскулярного пучка [3; 30; 32; 33].

При компьютерной томографии ПНИ проявляется мягкоткаными тяжами в жировой клетчатке нитевидной и сетчатой формы, солидными образованиями неправильной и узловатой формы, которые непосредственно связаны с опухолью или располагаются на границе с ней, могут быть представлены опухолевыми муфтами вокруг таких сосудов, как чревный ствол, панкреатодуоденальные артерии, ВБА, ВБВ, селезеночную вену, отражая паравазальную локализацию вовлеченных в опухолевый процесс нервных ганглиев и волокон [28; 32; 34].

При опухолях желчных протоков периневральная инвазия проявляется мягкоткаными тяжами с сетчатым рисунком в печеночно-двенадцатиперстной и печеночно-желудочной связках, муфтами вокруг общей печеночной и левой желудочной артерий [28].

Крайне важным при оценке резектабельности опухоли является исключение инвазии магистральных висцеральных сосудов. В настоящий момент используются

Табл. 2. Стадирование карциномы ПЖ — сосудистая инвазия (Loyer и др., 1996)

ТИП	Соотношения опухоль-сосуд	Резектабельность опухоли
A	Разделены прослойкой жировой ткани	Резектабельна
B	Разделены нормальной паренхимой	Резектабельна
C	Опухоль неотделима от сосуда, но контур сосуда не деформирован	Ненадежное прогнозирование
D	Опухоль частично охватывает сосуд (до 50% окружности)	В 47% резектабельна с резекцией вены
E	Опухоль полностью охватывает сосуд	Нерезектабельна
F	Опухоль вызывает окклюзию сосуда	Нерезектабельна

различные классификации. Одной из наиболее широко известных является классификация Loyer 1996 г., в основе которой лежат КТ-признаки резектабельности опухолей, разделяемые на типы (табл. 2) [15; 28; 29; 35; 36].

Следовательно, при типах A и B возможна резекция ПЖ. При типах E, F резекция не возможна. При типе D для выполнения резекции следует планировать резекцию вены, которая возможна при соответствующей квалификации хирурга. При типе C резекция возможна, однако установить по данным КТ, имеется или отсутствует связь опухоли со стенкой сосуда, невозможно, зачастую ситуация уточняется интраоперационно, поскольку у части пациентов может формироваться воспалительная «муфта» вокруг сосуда, а не истинный опухолевый лимфогенный инфильтрат [29; 37–41].

Согласно международному соглашению по определению критериев резектабельности протоковой аденокарциномы ПЖ (International consensus on definition and criteria of borderline resectable pancreatic ductal adenocarcinoma, 2017) выделяют понятия прилегания опухоли к стенке сосуда (abutment) — контакт составляет менее 180 гр. окружности сосуда и окутывание (encasement), когда опухоль окружает сосуд более, чем на 180 гр. окружности [42].

Опухоль признается резектабельной при отсутствии контакта с воротной и верхней брыжеечной венами, магистральными висцеральными артериями (ЧС, ОПА, ВБА), или имеет место контакт с портальными венами менее 180 гр. их окружности при наличии только одностороннего сужения [42; 43].

Условно резектабельные опухоли делятся на условно резектабельные по венам портальной системы (BR–PV) и по магистральным висцеральным артериям (BR–A). Опухоли условно резектабельны, если имеет место изолированное вовлечение воротной или верхней брыжеечной вен с окутыванием их более, чем на 180 гр., при двустороннем сужении или окклюзии при условии отсутствия распространения опухоли ниже края горизонтальной части ДПК на область венозных притоков, при этом магистральные висцеральные артерии в опухолевый процесс не вовлечены. Опухоль условно резектабельна при одностороннем прилегании к стенке ВБА или ЧС менее 180 гр. окружности без деформации и стеноза артерий, в

случае прилегания менее 180 гр. окружности к ОПА без деформации и стеноза и при отсутствии контакта с ЧС и СПА [42; 43].

Опухоль признается нерезектабельной (местнораспространенной) при двустороннем сужении и окклюзии воротной или верхней брыжеечной вен, если распространяется ниже края горизонтальной части ДПК, при окутывании ВБА и ЧС 180 градусов и более, при окутывании ОПА в случае контакта с ЧС и СПА, при любом, даже минимальном контакте со стенкой брюшной аорты [42; 43].

Таким образом, несмотря на то, что критерии резектабельности оцениваются хирургом во время операции, уже на дооперационном этапе по данным КТ можно установить критерии неоперабельной и нерезектабельной опухоли — наличие отдаленных метастазов, множественные метастазы в печень, диссеминацию по брюшине, вовлечение соседних крупных сосудов (чревного ствола и верхней брыжеечной артерии) [29; 31; 44].

Как и все методы лучевой диагностики, КТ обладает небольшой специфичностью в определении вторичного поражения лимфатических узлов — 52–72% (Нестеров Д.В., 2016). Признаками, указывающими на их возможное вторичное поражение, является увеличение размеров, изменение структуры, формы и характера контуров, группировка лимфатических узлов в пределах одной области (явление количественной лимфоаденопатии). Пограничным размером, указывающим на патологические изменения в лимфоузле, является размер 10 мм и более по короткой оси. Однако увеличение регионарных лимфатических узлов зачастую носит реактивный характер на перифокальное воспаление (например, при холангите на фоне билиарной гипертензии), тогда, как нормальные размеры лимфоузла не позволяют исключить наличие микрометастазов [45–49].

Однако по данным Loizou L. et al., 2016 наиболее достоверными критериями метастатического поражения лимфатического узла является изменение его структуры, прежде всего появление некроза и неравномерное накопление контрастного препарата, особенно отчетливо выраженное в портальную фазу [43].

КТ обладает невысокой чувствительностью и специфичностью в выявлении метастазов в печени размером до 1 см, особенно расположенных на ее поверхности и имплантационных метастазов по брюшине [6; 12; 28; 30].

По данным разных авторов, от 14 до 20% опухолей ПЖ оказывается не только изоденсны паренхиме при нативном сканировании, но и не отличаются от нее по степени накопления контрастного вещества (изоваскулярны) во все фазы постконтрастного сканирования, как правило, это встречается при размерах опухоли менее 3 см и отдельными авторами объясняется развитием десмопластической реакции.

Косвенным признаком опухоли является симптом «двух протоков», когда на границе с ней оказываются расширены гепатохоледох и главный панкреатический

проток. При развитии ретенционного панкреатита отмечаются атрофические изменения в паренхиме ПЖ дистальнее места обструкции [6; 32; 30; 45].

Однако на фоне панкреатической гипертензии, процесс может осложняться развитием острого панкреатита, который маскирует наличие опухоли.

При локализации опухоли в задних отделах и в области крючковидного отростка головки ПЖ такой важный косвенный признак, как панкреатическая гипертензия, часто отсутствует. В таких ситуациях поставить диагноз рака ПЖ только на основании стандартного протокола КТ не представляется возможным [30; 45].

Опухоли БДС при КТ, как правило, проявляют себя наличием билиарной и панкреатической гипертензии с блоком протоков на уровне ампулы фатерова соска. Сама опухоль может быть не видна, проявляться локальным утолщением стенки или непосредственной визуализацией солидной опухоли, часто с бугристыми контурами, накапливающей контрастный препарат сопоставимо с неизменной паренхимой головки ПЖ, что затрудняет оценку ее размеров. Улучшению визуализации способствует «позитивное» пероральное контрастирование ДПК и сканирование пациента в положении на правом боку [12].

Для дистальной холангиокарциномы, рано осложняющейся развитием желчной гипертензии, в 2/3 случаев характерен инфильтративный рост с циркулярным утолщением стенок холедоха, более интенсивно накапливающими контрастный препарат в сравнении с паренхимой ПЖ. В 1/3 случаев опухоль проявляется хорошо васкуляризованным экзофитным образованием в просвете протока. Панкреатическая гипертензия возникает при распространении процесса на область БДС и головку ПЖ, редко оказывается нерезектабельной. Компьютерная томография в связи с хорошей васкуляризацией опухоли в целом демонстрирует высокую диагностическую эффективность в выявлении ДХКЦ, оценке ее размеров, местного распространения процесса, исключении вторичных изменений [12].

Опухоли ДПК могут проявляться экзофитным солидным образованием вне зоны БДС, с бугристыми контурами, умеренно накапливающим контрастный препарат, сопоставимо со стенками БДС, сопровождаться неравномерным утолщением стенки и сужением просвета в случае инфильтративного характера роста, при распространении на область БДС проявляться желчной гипертензией (Савельева Т.В., 2009). При инфильтративных опухолях могут возникать сложности в дифференциальной диагностике неопластического процесса с воспалительными заболеваниями, в частности дуоденальной дистрофией, когда воспалительный процесс развивается в эктопированной в стенку ДПК ткани ПЖ и может приводить к значительному сужению ее просвета [6].

Как и любому другому методу визуализации, КТ присущи ограничения (в силу физических причин построения изображений, имеющих различную морфоло-

гическую природу, но одинаковые свойства поглощения рентгеновского излучения), ограничения в пространственном разрешении, включая низкую чувствительность в выявлении метастазов в печень меньше 2 см и малых метастазов на поверхности печени, невозможность выявлять малые метастазы по брюшине, которые могут быть меньше 3–5 мм, и низкую чувствительность в диагностике начальных проявлений сосудистой инвазии [3; 12; 30; 32].

По данным Нерестюк Я.И. и др. чувствительность и специфичность в оценке артериальной инвазии по данным КТ составляют 100 и 93%, в определении венозной инвазии — 100 и 71%, соответственно. Специфичность в определении венозной инвазии низкая, даже при значительной деформации вены по окружности более чем на 180° сосуд оказывается интактным при интраоперационной ревизии [6; 30]. По данным метаанализа Y. Zhang и соавт. чувствительность в определении артериальной инвазии по данным КТ и МРТ составляет 71 и 67%, специфичность — 92 и 94%, соответственно. Признаками истинной инвазии сосудов опухолью по данным лучевых методов может считаться только окутывание, стеноз, окклюзия или тромбоз вовлеченного сосуда на границе с опухолью [27; 43].

Диагностические трудности возникают в выявлении не только протоковой аденокарциномы, но и других не менее клинически значимых опухолей, например, НЭО, дифференциальная диагностика с которыми на дооперационном этапе имеет принципиальное значение, поскольку тактика лечения существенно отличается [6].

После последнего пересмотра классификации было опубликовано несколько статей, посвященных выработке КТ-критериев, позволяющих предположить степень злокачественности НЭО на дооперационном этапе. Ряд научных работ основан на изучении связи между размерами образования и степенью злокачественности. R. Bettini и соавт. выявили, что размер более 20 мм является независимым предиктором злокачественности опухоли, при котором показатели точности в определении G2 составляют 74%.

Таким образом, ранняя диагностика, четкое и адекватное стадирование опухоли способствуют своевременному радикальному оперативному лечению и увеличению выживаемости пациентов с опухолями ПАЗ.

### Перфузионная КТ

В настоящее время в клинической практике начинает получать более широкое распространение методика перфузионной КТ (ПКТ) органов брюшной полости, разработанная еще в 80-х годах XX века, но долго не находившая должного применения до появления высокоскоростных мультidetекторных томографов с современным программным обеспечением, ставшая рутинной в нейрорадиологии.

ПКТ является разновидностью КТ, которая путем динамического сканирования в выбранной области по-

зволяет отследить движение контрастного препарата по артериям, сосудам микроциркуляторного русла и венам интересующего органа [14].

ПКТ позволяет получить информацию не только о морфологических изменениях, но и о функциональном состоянии органов и тканей в норме и при патологических процессах. При оценке функционального состояния ПЖ стандартными показателями перфузии являются: скорость кровотока (BF — blood-flow) — это скорость прохождения определенного объема крови через заданный объем ткани в единицу времени, выражается в мл / 100 г / мин.; объемный кровоток (BV — blood-volume) — общий объем крови в выбранном участке паренхимы, включает кровь, как в капиллярах, так и в более крупных сосудах — артериях и венах, измеряется в мл / 100 г; время достижения максимальной плотности в ткани (TTP — time to peak) — указывает интервал времени в секундах между прибытием контрастного вещества в артериальное русло и достижением пиковой плотности в ткани-мишени; среднее время прохождения контрастного вещества (MTT — mean transit time) — среднее время, за которое кровь проходит по сосудистому руслу выбранного участка ткани, измеряется в секундах; показатель проницаемости стенки капилляров (PS), рассчитывается в мл / 100 г / мин., позволяет оценить проницаемость эндотелия капилляров [14; 30].

В последнее время появились единичные работы в отечественной литературе и немногочисленные в зарубежных периодических изданиях, посвященные оценке перфузии печени и ПЖ в норме и при отдельных патологических состояниях, в которых изучены и признаны удовлетворительными воспроизводимостью результатов и соответствие получаемых показателей физиологическим, показаны большие потенциальные возможности как в выявлении, так и в дифференциальном диагнозе изменений в ПЖ, продемонстрирована эффективность использования и доказано превосходство ПКТ над стандартным протоколом МСКТ в диагностике рака ПЖ диаметром менее 3 см [30].

ПКТ дает информацию о васкуляризации опухоли, позволяет оценивать эффективность химиолучевого лечения по параметрам кровотока и показателю проницаемости стенок капилляров гораздо раньше уменьшения размеров опухоли, которые являются ключевым критерием RECIST [30].

Вместе с тем на настоящий момент отсутствуют работы, посвященные изучению диагностической эффективности ПКТ в предоперационном стадировании опухолей ПАЗ, выявлении экстрапанкреатической периневральной инвазии и инвазии магистральных сосудов, дифференциальной диагностике псевдоопухолевых и опухолевых процессов, оценке выраженности фиброзных изменений в паренхиме ПЖ вне опухоли с целью прогнозирования риска развития несостоятельности панкреатоюноанастомоза после ГПДР, сравнению возможностей ПКТ с DWI, ПКТ и МР-эластографией.

### Магнитно-резонансная томография

МРТ зарекомендовала себя как эффективный метод визуализации опухолей ПЖ, ПАЗ и оценки местного распространения неопластического процесса [14; 15; 28; 32]. Стандартные T1- и T2-ВИ у пациентов с опухолями ПЖ, имеют ограниченное значение вследствие фазовых и двигательных артефактов, обусловленных дыханием, пульсацией и перистальтикой кишечника, ограниченным пространственным разрешением, длительным временем исследования [30; 28]. На современных томографах применяются быстрые и очищенные методики исследования: HASTE/FASE; TSE (на основе спин-эхо), широко используются программы в основе которых лежит градиентного эхо: TRUFI/FIESTA/BFFE; FLASH (SPGR, T1 FFE), что позволяет избежать дополнительного РЧ воздействия [3; 28].

По данным большинства авторов наибольшей информативностью в выявлении опухоли ПЖ, определении ее размеров и границ на преконтрастном этапе исследования обладают T1 ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани, где опухоль проявляет себя очагом гипоинтенсивного МР сигнала. На T2ВИ опухоль имеет переменную интенсивность МР сигнала, зачастую оказывается не видна [28; 30; 32].

Стандартный протокол исследования ГПДЗ при наличии опухолевого процесса и планировании оперативного вмешательства целесообразно дополнять МРХПГ, которая эффективна в визуализации желчных и панкреатических протоков, выявлении вариантов их строения и впадения, определении уровня блока, исключения сопутствующего холецистохолангиолитиаза, может быть полезной в планировании эндоскопической ретроградной холангиографии и установке стента и, таким образом, позволяет снизить осложнения, связанные с ЭРХПГ. Если по КТ предполагается холангиокарцинома, особенно бифуркации, то МРХПГ необходимо выполнять в обязательном порядке для определения резектабельности опухоли.

В протокол исследования при опухолевом процессе обязательно должно входить внутривенное болюсное контрастирование, которое обладает более значительным контрастным разрешением, чем динамическая КТ и может служить альтернативным методом при наличии противопоказаний к введению йодсодержащих контрастных препаратов. При динамическом МР-сканировании используются GRE-ИП с внутривенным введением контрастного вещества из расчета 0,1 ммоль/кг и 15 мл 0,9% изотонического раствора натрия хлорида со скоростью 3 мл/с, сканированием в артериальную (на 25 с), панкреатическую (на 45 с) и портовенную (на 75 с) фазы. При контрастировании опухоль ПЖ демонстрирует гиповаскулярный паттерн. Как и при КТ с внутривенным болюсным контрастированием оцениваются размеры опухоли, местное распространение процесса, состояние лимфатических узлов, исключаются метастазы в органах в пределах зоны сканирования, как правило ограниченной

брюшной полостью и забрюшинным пространством. Лучевая семиотика опухолей ПАЗ аналогична таковой при КТ [9; 12; 30; 32; 35; 45].

Контрастная МР-ангиография позволяет визуализировать чревный ствол и целиакомезентериальные артерии, проводить оценку системы воротной вены (тромбозы и т.д.). Средняя точность метода в оценке распространения за пределы ПЖ составляет 96%, сосудистого вовлечения — 89% [28; 45].

МР-перфузия может быть прямым конкурентом МСКТ-перфузии. Однако, в отличие от КТ, программный пакет мультиорганной перфузии не входит в обеспечение большинства аппаратов и является дорогостоящей дополнительной опцией. Основные ограничения методики в силу ее длительности связаны со сложностями уменьшения подвижности передней брюшной стенки и смещения органов брюшной полости во время сбора данных, что обуславливает появление артефактов и может исказить числовые значения показателей перфузии [14; 28].

Отдельные авторы отмечают, что чувствительность МРТ в выявлении рака поджелудочной железы уступает СКТ. Чувствительность МРТ в выявлении опухолей ПЖ составляет 83%, динамической КТ — 69%, специфичность 64% и 100%, точность — 67 и 84%, соответственно [12; 30].

Таким образом, КТ остается методом первой линии диагностики периапулярных карцином из-за большей доступности аппаратов и отработанной технологии. Применение МРТ целесообразно в следующих случаях: а — у пациентов с аллергией на йод-содержащие контрастные препараты или другими противопоказаниями к внутривенному введению контрастного вещества, б — пациентам, у которых по данным КТ выявлено локальное увеличение ПЖ без отчетливо визуализированной опухоли; в — пациентам, у которых клиническая картина весьма подозрительна на наличие злокачественного образования, а данные КТ неопределенные или сложны для интерпретации; г — для исключения мелких (менее 10 мм) метастазов в печень при негативных данных КТ у пациентов, которым планируется радикальное оперативное вмешательство, д — для дифференциальной диагностики псевдотуморозного панкреатита и рака ПЖ [12; 30]. Вместе с тем, по данным ряда авторов дифференциальная диагностика между карциномой ПЖ и хроническим панкреатитом при МРТ была невозможна в 6,5% случаев.

### МР-эластография

МР-эластография — методика неинвазивной оценки жесткости тканей, доступная на МР томографах с напряженностью магнитного поля 3 Тл при наличии специального оборудования и программного обеспечения. Под жесткостью понимается устойчивость тканей к деформации при действии механической силы и давления [14]. В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе имеются немногочисленные

статьи, посвященные методике МР-эластографии печени, изучению значений жесткости органа в норме, возможностям метода в выявлении диффузных заболеваний и цирроза печени, сравнению полученных данных с результатами УЗ-эластографии. Методика продемонстрировала высокую диагностическую эффективность в выявлении фиброзных изменений в паренхиме печени, доказана корреляция показателей жесткости паренхимы печени в кПа, полученных при МР-эластографии со шкалой стадий фиброза печени METAVIR, что позволяет в ряде случаев отказаться от проведения биопсии.

В отечественной и иностранной литературе имеются единичные работы по методике МР-эластографии ПЖ и изучению показателей жесткости паренхимы в норме [14]. Исследований посвященных изучению возможностей метода в оценке жесткости тканей при заболеваниях ПЖ и в предоперационном планировании, прогнозировании риска развития такого тяжелого осложнения ГПДР, как панкреатическая фистула, в доступной нам литературе не встретилось.

### Сцинтиграфия ПЖ

Сцинтиграфия ПЖ основана на накоплении и делении метионина, меченого Se 75. При раке ПЖ, как правило, наблюдается «ампутация» части ее сцинтиграфического изображения, занятой опухолью, что связано с прекращением функционирования ацинарных клеток и утилизации аминокислот. Помимо сцинтиграфии ПЖ с применением Se 75 — метионина, существуют еще целый ряд радионуклидных методов исследования, позволяющих косвенно судить об ее состоянии по изменению секреции панкреатических ферментов, например — сцинтиграфия с меченым аналогом соматостатина радиоактивным In<sup>111</sup> (Octreoscan, Mallinckrodt, St. Louis, MO) [12; 32]. К недостаткам радионуклидных методов исследования относятся большая вариабельность в накоплении нуклида в ПЖ в норме, относительно высокая лучевая нагрузка, а также высокий процент ложноположительных и ложноотрицательных результатов исследований. Ложноположительные изменения часто наблюдаются при циррозе печени, сахарном диабете, язвенной болезни или после резекции желудка [12; 30].

### Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)

В отличие от отчетливой визуализации нормальной ПЖ методами, позволяющими получать диагностические изображения в аксиальной плоскости, при ПЭТ нормальная ПЖ не видна, так как уровень метаболизма глюкозы натошак низкий и сравним с таковым во всех мягких тканях в этой области. Соответственно, фокус аномального захвата меченой фтордезоксиглюкозы (ФДГ) ПЖ выглядит как аномальное «горячее пятно». Кроме того, некоторый захват меченой глюкозы отмечается в нормальной печени, в почках, в желудочно-кишечном тракте и в мочевыделительной системе.

ПЭТ с меченой глюкозой является неинвазивным альтернативным методом оценки опухолей ПЖ, основанным на метаболической активности образований. Чувствительность и специфичность в определении рака ПЖ и в дифференцировке доброкачественных и злокачественных образований были подтверждены и освещены в многочисленных исследованиях [12; 28].

Ряд авторов доказали, что ПЭТ с глюкозой способен выявлять рак ПЖ на ранних стадиях (если процесс ограничен ПЖ или прилежащими структурами, такими как общий желчный проток и ДПК без вовлечения лимфатических узлов).

ПЭТ представляет собой надежный метод для дифференцирования резидуальной или рецидивной опухоли от рубцовой ткани, в определении неучтенных метастазов [28].

ПЭТ может изменить подход к лечению, выявив незаподозренные метастазы в печень, кости и легкие и это является ее главным преимуществом [28].

Согласно национальным рекомендациям NCCN (National Comprehensive Cancer Network) Guidelines Version 1.2019 Pancreatic Adenocarcinoma ПЭТ не является заменой стандартному протоколу КТ и должна выполняться у пациентов с высоким уровнем СА 19 — 9 (более 500 мл/мл) при негативных данных стандартного КТ, при подозрении на метастазы в региональных лимфоузлах при резектабельной опухоли, при неопределенных находках при КТ подозрительных на метастазы в легких (единичные мелкие очаги) и костях [14; 28].

### Выводы

Обзор литературы свидетельствует о том, что МСКТ является наиболее доступным, неинвазивным и перспективным методом для визуализации органов ГПДЗ в силу высокого временного и пространственного разрешения. По данным ряда авторов КТ обладает самой высокой точностью в диагностике рака ПЖ (85,63%), на втором месте по точности — ультразвуковая диагностика (82,4%), ниже показатель точности у МРТ (75%). А. Soriano и соавт. приводят данные о том, что МСКТ и МРТ с ангиографией демонстрируют одинаковые возможности в выявлении сосудистой инвазии и определении резектабельности рака ПЖ.

Несмотря на конкуренцию со стороны ЭУС и МРТ, во многих случаях КТ является методом выбора и «золотым стандартом» в диагностике заболеваний ПЖ и ГПДЗ [30; 32].

Однако, по-прежнему остаются крайне сложными вопросы дифференциальной диагностики рака ПЖ и псевдотуморозного панкреатита, выявления изоденсных и изоваскулярных опухолей, на долю которых приходится до 20% новообразований, оценки истинных размеров и местного распространения опухоли, требуются дополнительные критерии, позволяющие разграничить истинную инвазию магистральных сосудов и десмопластическую реакцию, реактивную гиперплазию и вторичное пораже-

ние лимфатических узлов, постоперационные рубцовые изменения и рецидив опухоли. Сочетание стандартного протокола КТ с перфузионной программой предоставляет возможность получения информации не только об анатомических особенностях и морфологических изменениях, но и функциональном состоянии органов ГПДЗ в норме и при патологических изменениях. Для решения существующих проблем лучевой диагностики совершенствование методики ПКТ и изучение ее возможностей у пациентов с подозрением на опухолевый процесс в ПЖ и ПАЗ являются крайне актуальными.

МР эластография пока доступна в единичных медицинских центрах, но является перспективным методом в определении плотности паренхимы ПЖ и прогнозировании риска развития такого серьезного осложнения, как панкреатическая фистула, ее включение в алгоритм обследования на этапе планирования радикального оперативного вмешательства оправдано, возможности требуют дальнейшего изучения.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).**

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Кудашкин Н.Е. Хирургическое лечение больных опухолями периапулярной зоны, осложненными механической желтухой: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. — Москва; 2013. [Kudashkin NE. Hirurgicheskoe lechenie bol'nyh opuholyami periampulyarnoy zony, oslozhnennymi mekhanicheskoy zheltuhoy. [Avtoreferat dissertatsion] Moskva; 2013. (In Russ).]
2. Патютко Ю.И. Гастропанкреатодуоденальная резекция при злокачественных заболеваниях, осложненных механической желтухой // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2011. — №2. — С. 25–32. [Patyutko YU.I. Gastropankreatoduodenal'naya rezekciya pri zlokachestvennyh zabolevaniyah, oslozhnennnyh mekhanicheskoy zheltuhoy. Hirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2011; 2: 25–32. (In Russ).]
3. Ветшева Н.Н. Инструментальная диагностика солидных опухолей поджелудочной железы: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Москва; 2017. [Vetsheva NN. Instrumental'naya diagnostika solidnyh opuholej podzheludochnoy zhelezy. [Avtoreferat dissertatsion] Moskva; 2017. (In Russ).]
4. Каприн А.Д. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность). В кн.: Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. — М.: МНИОМ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. [Kaprin AD. Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii v 2017 godu (zabolevaemost' i smertnost'). In: Kaprin AD, Starinskij VV, Petrova GV. M.: MNIOM im. P.A. Gercena filial FGBU «NMIIC radiologii» Minzdrava Rocsii, 2018. (In Russ).]
5. Ветшева Н.Н. Инструментальная диагностика солидных опухолей поджелудочной железы: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Москва; 2017. [Vetsheva NN. Instrumental'naya diagnostika solidnyh opuholej podzheludochnoy zhelezy. [Avtoreferat dissertatsion] Moskva; 2017. (In Russ).]
6. Кармазановский Г.Г. Опухоли поджелудочной железы солидной структуры: протоколы лучевых исследований, дифференциальная диагностика (лекция, ч. 1) // Медицинская визуализация. — 2016. — №4. — С. 54–63. [Karmazanovskij GG. Opuholi podzheludochnoy zhelezy solidnoj struktury: protokoly lucheovyh issledovaniy, differencial'naya diagnostika (lekciya, ch. 1). Medicinskaya vizualizatsiya. 2016; 4: 54–63. (In Russ).]
7. Касаткина Е.А. Новые возможности томографических методов в диагностике рака поджелудочной железы: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук: Москва, 2014. [Kasatkina EA. Novyye vozmozhnosti tomograficheskikh metodov v diagnostike raka podzheludochnoy zhelezy. [Avtoreferat dissertatsion] Moskva; 2014. (In Russ).]
8. Brand RE. Pancreatic cancer patients who smoke and drink are diagnosed at younger ages. Clin Gastroenterol Hepatol. 2009; 7: 1007–1012.
9. Fischer U. Preoperative local MRI — staging of patients with a suspected pancreatic masse. Eur Radiol. 2002; 12: 296–303.
10. Кармазановский Г.Г. Опухоли поджелудочной железы солидной структуры: стадирование и резектабельность, критерии оценки прогрессирования опухолевого процесса после хирургического лечения (лекция, ч. 2) // Медицинская визуализация. — 2016. — №5. — С. 43–49. [Karmazanovskij GG. Opuholi podzheludochnoy zhelezy solidnoj struktury: stadirovaniye i rezektabel'nost', kriteriiy ocenki progressirovaniya opuholevogo processa posle hirurgicheskogo lecheniya (lekciya, ch. 2). Medicinskaya vizualizatsiya. 2016; 5: 43–49. (In Russ).]
11. Габоян А.С. Алгоритм диагностики при раке головки поджелудочной железы // Российский онкологический журнал. — 2011. — №3. — С. 21–24. [Gabyan AC. Algoritm diagnostiki pri rake golovki podzheludochnoy zhelezy. Rossijskij onkologicheskij zhurnal. 2011; 3: 21–24. (In Russ).]
12. Савельева Т.В. Возможности многослойной спиральной компьютерной томографии в диагностике опухолевых поражений поджелудочной железы и желчных протоков: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2009. [Savel'eva TV. Vozmozhnosti mnogoslojnoj spiral'noj komp'yuternoj tomografii v diagnostike opuholevyh porazhenij podzheludochnoy zhelezy i zhelchnyh protokov. [Avtoreferat dissertatsion] Sankt-Peterburg, 2009. (In Russ).]
13. Ветшева Н.Н. Инструментальная диагностика солидных опухолей поджелудочной железы: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Москва; 2017. [Vetsheva NN. Instrumental'naya diagnostika solidnyh opuholej podzheludochnoy zhelezy. [Avtoreferat dissertatsion] Moskva; 2017. (In Russ).]
14. Лукьянченко А.В. Абдоминальная радиология в онкологии: новые возможности в свете прогресса компьютерной и магнитно-резонансной томографии (обзор литературы) // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2016. — №97(2). — С. 118–124. [Luk'yanchenko AV. Abdominal'naya radiologiya v onkologii: novyye vozmozhnosti v svete progressa komp'yuternoy i magnitno-rezonansnoj tomografii (obzor literatury). Vestnik rentgenologii i radiologii. 2016; 97(2): 118–124. (In Russ).]
15. Араблинский А.В. Диагностика опухолей поджелудочной железы при помощи компьютерной и магнитно-резонансной томографии // Медицинский алфавит. — 2013. — Т. 3, №23. — С. 38–42. [Arablinskij AV. Diagnostika opuholej podzheludochnoy zhelezy pri pomoshchi komp'yuternoy i magnitno-rezonansnoj tomografii. Medicinskij alfavit. 2013; 3(23): 38–42. (In Russ).]
16. Прокон М, Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография. / Под ред. Зубарева А.В., Шоттемора Ш.Ш. — М.: МЕД пресс-информ, 2009. — Т. 2. — С. 324–333. [Prokon M, Galanski M. Spiral'naya i mnogoslojnaya komp'yuternaya tomografiya. Zubarev AV, SHottemor SHSH, editors. M.: MED press-inform, 2009. T. 2. P. 324–333. (In Russ).]
17. Кармазановский Г.Г. Дуоденальная дистрофия: типичный и редкие случаи // Медицинская визуализация. — 2006. — №6. — С.51–59. [Karmazanovskij GG. Duodenal'naya distrofiya: tipichnyj i redkie sluchai. Medicinskaya vizualizatsiya. 2006; 6: 51–59. (In Russ).]
18. Delrue L. Assessment of tumor vascularization in pancreatic adenocarcinoma using 128-slice perfusion computed tomography imaging. J. Comput. Assist. Tomogr. 2011; 35: 434–438.
19. Ахтанин Е.А. Причины возникновения и профилактика панкреатических свищей после резекционных операций на поджелудочной железе // Хирургия. — 2014. — №5. — С. 79–83. [Ahtanin EA. Prichiny vozniknoveniya i profilaktika pankreaticheskikh svishchej posle rezekcionnyh operacij na podzheludochnoy zheleze. Hirurgiya. 2014;5: 79–83. (In Russ).]
20. Захарова О. П. Хирургическое лечение опухолей поджелудочной железы: компьютерно-томографические критерии резектабельности //Анналы хирургической гепатологии. — 2011. — Т. 16, №1. — С. 84–91. [Zaharova OP. Hirurgicheskoe lechenie opuholej podzheludochnoy zhelezy: komp'yuterno-tomograficheskie kriterii rezektabel'nosti. Annaly hirurgicheskoy gepatologii. 2011; 16(1): 84–91. (In Russ).]
21. De Cecco CN. Anatomic variations of the hepatic arteries in 250 patients studied with 64-row CT angiography. Eur Radiol. 2009; 10: 1007–1058.
22. Ferrari R. Anatomical variations of the coeliac trunk and the mesenteric arteries evaluated with 64-row CT. Radiol Med. 2007; 112: 988–998.
23. Fattahi R. Pancreatic diffusionweighted imaging (DWI): comparison between mass-forming focal pancreatitis (FP), pancreatic cancer (PC), and normal pancreas. J Magn Reson Imaging. 2009; 29: 350–356.

24. Gabata T. Imaging diagnosis of hepatic metastases of pancreatic carcinomas: significance of transient wedge-shaped contrast enhancement mimicking arteriportal shunt. *Abdom Imag-ing*. 2008; 33: 437–443.
25. Kondo H. MDCT of the pancreas: optimizing scanning delay with a bolus-tracking technique for pancreatic, peripancreatic vascular, and hepatic contrast enhancement. *AJR*. 2007; 188: 751–756.
26. Delrue L. Variability of CT contrast enhancement in the pancreas: a cause for concern? *Pancreatology: official journal of the International Association of Pancreatology*. 2011; 11: 588–594.
27. Neoptolemos John P. *Pancreatic Cancer* / John P. Neoptolemos, R. Urrutia J. L. Abbruzzese, M.W. Büchler // Springer, New York, 2018. 1659 p.
28. Laghi A. *New Concepts in Diagnosis and Therapy of Pancreatic Adenocarcinoma*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2011. 178 p.
29. Захарова О.П. Возможности МСКТ и других методов инструментального обследования в диагностике и оценке распространенности рака поджелудочной железы: на что влияют ошибки диагностики? // Медицинская визуализация. — 2012. — №6. — С. 56. [Zaharova OP. Vozmozhnosti MSKT i drugih metodov instrumental'nogo obsledovaniya v diagnostike i ocenke rasprostranennosti raka podzheludochnoj zhelezy: na chto vliyayut oshibki diagnostiki? Medicinskaya vizualizaciya. 2012; 6: 56. (In Russ).]
30. Нестеров Д.В. Возможности перфузионной компьютерной томографии в диагностике рака поджелудочной железы: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук: Санкт-Петербург, 2016. [Nesterov DV. Vozmozhnosti perfuzionnoj komp'yuternoj tomografii v diagnostike raka podzheludochnoj zhelezy. [Avtoreferat dissertation] Sankt-Peterburg, 2016. (In Russ).]
31. Яшина Н.И. Компьютерно-томографические критерии резектабельности при раке головки поджелудочной железы // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. — 2010. — №8. — С. 56–61. [Yashina NI. Komp'yuterno-tomograficheskie kriterii rezektabel'nosti pri rake golovki podzheludochnoj zhelezy. Eksperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya. 2010; 8: 56–61. (In Russ).]
32. Касаткина Е.А. Новые возможности томографических методов в диагностике рака поджелудочной железы: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук: Москва, 2014. [Kasatkina EA. Novye vozmozhnosti tomograficheskikh metodov v diagnostike raka podzheludochnoj zhelezy. [Avtoreferat dissertation] Moskva; 2014. (In Russ).]
33. Saka B. Pancreatic ductal adenocarcinoma is spread to the peripancreatic soft tissue in the majority of resected cases, rendering the AJCC T-stage protocol inapplicable and insignificant: a size-based staging system (pT1<2, pT2:> 2-< 4, pT3:> 4 cm) is more valid and clinically relevant. *Annals of surgical oncology*. 2016; 23(6): 2010–2018.
34. Deshmukh S. Pathways of Extrapancreatic Perineural Invasion by Pancreatic Adenocarcinoma: Evaluation With 3D Volume-Rendered MDCT Imaging. *Am. J. Rad.* 2010; 194: 668–674.
35. De la Santa LG. Radiology of pancreatic neoplasms: An update. *World J Gastrointest Oncol*. 2014; 6: 330–343.
36. Olivé D. Predicting resectability of pancreatic head cancer with multi-detector CT. Surgical and pathologic correlation. *JOP*. 2007; 8(6): 753–758.
37. Усова Е.В. Мультиспиральная компьютерно-томографическая артериография с одномоментной мультиспиральной компьютерно-томографической возвратной портограммией в предоперационном стадировании местнораспространенного рака поджелудочной железы // Российский электронный журнал лучевой диагностики. — 2016. — Т. 6, №1. — С. 107–115. [Usova EV. Mul'tispiral'naya komp'yuterno-tomograficheskaya arteriografiya s odnomomentnoj mul'tispiral'noj komp'yuterno-tomograficheskoy vozvratnoj portografiej v predoperacionnom stadirovanii mestnorasprostrannogo raka podzheludochnoj zhelezy. Ros. elektronnyj zhurn. luchevoj diagnostiki. 2016; 6(1): 107–115. (In Russ).]
38. Erkan M. How fibrosis influences imaging and surgical decisions in pancreatic cancer. *Front Physiol*. 2012; 3: 389.
39. Hata H. Fibrous stroma and vascularity of pancreatic carcinoma: correlation with enhancement patterns on CT. *Abdom Imaging*. 2010; 35: 172–180.
40. Ishigami K. Significance of perivascular soft tissue around the common hepatic and proximal superior mesenteric arteries arising after pancreaticoduodenectomy: evaluation with serial MDCT. *Abdom Imaging*. 2008; 33: 654–661.
41. Nino-Murcia M. MDCT in pancreatic adenocarcinoma: prediction of vascular invasion and resectability using a multiphasic technique with curved planar reformation. *AJR*. 2004; 182: 419–425.
42. Garces-Descovich A. Applicability of current NCCN Guidelines for pancreatic adenocarcinoma resectability: analysis and pitfalls. *Abdom. Radiol*. 2018; 43(2): 314–322.
43. Loizou L. Multidetector CT of pancreatic ductal adenocarcinoma: Effect of tube voltage and iodine load on tumour conspicuity and image quality. *Eur Radiol*. 2016; 4021–4029.
44. Denecke T. Radiologic resectability assessment in pancreatic cancer. *Rofo*. 2014; 186(1): 23–29.
45. Beger HG. *Diseases of the Pancreas: Current Surgical Therapy*. Springer-Veglar, Berlin, Heidelberg, 2008. 949 p.
46. Doi R. Prognostic implication of para-aortic lymph node metastasis in resectable pancreatic cancer. *World J Surg*. 2007; 31: 147–154.
47. Katz M.H. Tumor-Node-Metastasis Staging of Pancreatic Adenocarcinoma. *CA Cancer J Clin*. 2008; 58: 111–125.
48. Pedrazzoli S. Extent of lymphadenectomy to associate with pancreaticoduodenectomy in patients with pancreatic head cancer for better tumor staging. *Cancer Treat. Rev*. 2015; 41(7): 577–587.
49. Riediger H. The lymph node ratio is the strongest prognostic factor after resection of pancreatic cancer. *J Gastrointest Surg*. 2009; 13(7): 1337–1344.